

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO ESPECIALIZAÇÃO EM AUDITORIA E PERÍCIA
AMBIENTAL

GABRIELA CANARIN RICARDO

INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR
AGROTÓXICOS: INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO PERICIAL

CRICÍUMA, SETEMBRO DE 2011

GABRIELA CANARIN RICARDO

**INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL POR
AGROTÓXICOS: INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO PERICIAL**

Monografia apresentada à Diretoria de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC, para a obtenção do título de especialista em Auditora e Perícia Ambiental

Orientador: Prof.(Dr, MSc). Carlyle Torres
Bezerra de Menezes

CRICIÚMA, SETEMBRO DE 2011

Dedico este trabalho a todos meus familiares, em especial meu marido e meus filhos, pela compreensão, amor e apoio nesta trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente, por me dar saúde, sabedoria e capacidade para chegar até aqui.

A minha mãe, meu marido e meus filhos, pelo apoio, incentivo e compreensão, sem eles nada disso seria possível.

Ao professor Carlyle Torres Bezerra de Menezes, por orientar e possibilitar a realização deste trabalho, obrigado pela atenção.

Em fim, a todos que direta e indiretamente contribuíram para que este estágio fosse realizado, meus sinceros agradecimentos.

“Nos ecossistemas, os efeitos são devastadores, pois atuam nos extratos inferiores da cadeia alimentar chegando, por vezes, eliminá-los, comprometendo dessa forma toda a população local.”

Ribeiro

RESUMO

A falta de informação sobre a aplicação de agrotóxicos predomina até hoje no meio rural, com implicações diretas na saúde humana. Visando estudar os problemas causados pelo uso de agrotóxicos à saúde humana e ao meio ambiente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre esse tema, bem como sobre os instrumentos de perícia ambiental. Para efeito de estudo comparativo e preliminar para avaliação dos aspectos básicos existentes entre uma horta-orgânica, sem uso de agrotóxicos, e uma horta com uso de agrotóxico, foi utilizado para o teste o produto utilizado na região, denominado de Decis 25 CE (Deltametrina). Não foram realizadas análises químicas e de toxicidade do solo e dos produtos agrícolas, em função das limitações de tempo e condições da pesquisa, apenas os aspectos de desenvolvimento das espécies, em especial os aspectos visuais foram comparados. As condições aparentes das espécies não devem servir de parâmetro de análise, pois, o crescimento rápido e condições externas podem esconder condições severas e contaminação, o que normalmente leva as pessoas de forma equivocada a escolher produtos cultivados com agrotóxicos, em detrimento de produtos cultivados de forma adequada e sem uso de agrotóxicos ou agroquímicos. Dessa forma, é de fundamental importância a discussão de medidas que possibilitem o controle da disponibilidade e acesso ao uso de substâncias com elevada periculosidade, tais como os agrotóxicos. Deve-se, no entanto, ir mais além, buscando-se não somente realizar o gerenciamento de risco no uso dos produtos agrotóxicos, mas, a adoção de sistemas de produção agrícolas que não necessitem o uso desses produtos, de maneira que os mesmos sejam progressivamente substituídos, por métodos seguros e compostos de origem natural em equilíbrio com o meio ambiente.

Palavras-chave: Agrotóxicos, meio ambiente e contaminação ambiental.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVAS.....	11
2. OBJETIVO.....	12
2.1. Objetivo Geral.....	12
2.2. Objetivo Específico.....	12
3. AGROTÓXICOS E MEIO AMBIENTE.....	14
3.1 Classificação dos agrotóxicos.....	15
3.1.1. <i>Inseticidas</i>	16
3.1.2. <i>Fungicidas</i>	19
3.1.3. <i>Herbicidas</i>	20
3.1.4. <i>Nematicidas</i>	21
3.1.5. <i>Moluscidas</i>	22
3.2. Agrotóxicos no ambiente.....	24
3.2.1. <i>Persistência no ambiente</i>	25
3.2.2. <i>Cadeia alimentar</i>	26
3.2.3. <i>Resistência</i>	29
3.2.4. <i>Restrições</i>	33
3.2.5. <i>Efeitos a saúde</i>	34
3.3. Principais impactos ambientais.....	36
3.4. Contaminação de alimentos por agrotóxicos.....	37
3.5. As intoxicações, sintomas e tratamentos.....	37
3.6. Perícia Ambiental.....	42
3.6.1. <i>Identificação da área</i>	42
3.6.2. <i>Identificação do dano</i>	43
3.6.3. <i>Nexo de causalidade</i>	43
3.6.4. <i>Possibilidade do meio ambiente</i>	44
3.6.5. <i>Outras considerações</i>	44
3.6.6. <i>Avaliação monetária de impacto ambiental</i>	45
3.6.7. <i>Agrotóxico</i>	46
3.7. <i>Classificação e tipos de perícia</i>	49
3.8. Cromatografia.....	50
3.8.1. <i>Método de extração</i>	52
4. METODOLOGIA.....	52
5. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A PESQUISA (RESULTADOS E DISCUSSÃO).....	57
6. CONCLUSÕES SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	58
REFERÊNCIAS.....	58

1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVAS

As inovações técnicas introduzidas na agricultura brasileira nos anos sessenta, através do processo conhecido como a “modernização conservadora”, modificaram o meio rural em seus aspectos social e ecológico. O objetivo das novas técnicas era a obtenção de níveis mais elevados de produtividade. Pode-se dizer a esse respeito, que a “modernização” tinha propósitos imediatos exclusivos, desconsiderando, nos processos agrícolas, os relacionados com o meio ambiente. Poluição dos rios, erosão e desertificação de solos, desmatamentos indiscriminados e contaminação de alimentos com resíduos de agroquímicos, são algumas das conseqüências ambientais da agricultura moderna

Em 2005 a Organização Internacional do Trabalho (OIT) e a OMS (Organização Mundial da Saúde) estimaram em 7 milhões os casos agudos e de longo termo e 70 mil óbitos provocados por agrotóxicos anualmente no mundo, sobretudo em países em desenvolvimento (ILO et al, 2005). O consumo de agrotóxicos gera um círculo vicioso: quanto mais se usa, maiores são os desequilíbrios provocados e maior é a necessidade de uso em doses mais intensas, bem como de formulações cada vez mais tóxicas. Nos últimos anos o Brasil tornou-se um dos maiores produtores agrícolas do planeta, no entanto, também o maior consumidor de agrotóxicos, em termos de valor comercializado. No período de 2002 à 2008 as vendas de agrotóxicos aumentaram 3,6 vezes, chegando a US\$ 7,1 bilhões, ultrapassando os EUA (GARCIA, 2010). Segundo informações do SINITOX (Sistema Nacional de Informações Toxifarmacológicas), órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, no ano de 2006 foram registrados 6.346 casos de intoxicações por agrotóxicos (FIOCRUZ, 2010). Segundo o IBGE, por meio do Censo Agropecuário de 2006, foram identificados 25.008 estabelecimentos que admitiram a ocorrência de intoxicação nesse ano (IBGE, 2010).

Dentro desse contexto, verifica-se a importância de levantar ferramentas para indicar a quantidade de agrotóxicos e seus efeitos sobre a saúde das pessoas e o meio ambiente. Nesse trabalho se buscou realizar uma revisão sobre os impactos ambientais provocados pelo uso dos agrotóxicos, as ferramentas periciais que podem ser utilizadas na investigação da contaminação, aplicada ao caso particular das hortaliças, bem como avaliar os principais indicadores de contaminação e

alguns instrumentos de avaliação pericial. Esses instrumentos, aliado aos procedimentos utilizados na classificação os produtos orgânicos, diferenciando-os daqueles não orgânicos e que utilizam intensivamente agroquímicos, poderão contribuir para uma maior segurança no consumo dos produtos agrícolas, constituindo-se em instrumento política pública para a melhoria da qualidade da saúde humana e para a proteção do meio ambiente. Os objetivos, gerais e específicos deste trabalho estão descritos nos itens seguintes.

2. OBJETIVOS

Com a finalidade de contribuir para uma maior compreensão acerca das causas e consequências do uso de agrotóxicos, tanto para a saúde humana, quanto para a degradação do meio ambiente, no presente trabalho buscou-se realizar uma ampla revisão bibliográfica, seguida de análise aplicada a situação regional na região Sul do Estado de Santa Catarina. No entanto, torna-se importante ressaltar que em função de questões de saúde ocorridos com a autora fizeram com que os aspectos aplicados da pesquisa originalmente proposta, não pudessem ser concretizados. De todo modo o aprofundamento teórico realizado certamente servirá de base para a continuidade dos estudos, bem como futuros trabalhos de perícia e arbitragem relacionados com a questão da contaminação por agrotóxicos.

1.1 Objetivo geral

Realizar uma revisão sobre o estado atual do uso de agrotóxicos e avaliar os instrumentos de investigação pericial utilizados para a investigação da contaminação ambiental causada por esses tipos de substâncias.

1.2 Objetivos específicos

- I. Realizar uma revisão bibliográfica sobre o os impactos ambientais causados pelo uso de agrotóxicos no Brasil e no mundo;
- II. Selecionar os instrumentos mais adequados para realização de perícia ambiental, para a determinação de contaminação por agrotóxicos;
- III. Sugerir procedimentos para o aperfeiçoamento de processos de investigação pericial aplicados para culturas agrícolas na região.

3. AGROTÓXICOS E MEIO AMBIENTE

A larga utilização de agrotóxicos no processo de produção agropecuária, entre outras aplicações, tem trazido uma série de transtornos e modificações para o ambiente, seja através da contaminação das comunidades de seres vivos que o compõem, seja através da sua acumulação nos segmentos bióticos e abióticos dos ecossistemas (biota, água, ar, solo, sedimentos). Um dos efeitos ambientais indesejáveis dos agrotóxicos é a contaminação de espécies que não interferem no processo de produção que se tenta controlar (espécies não-alvos), dentre as quais se inclui, conforme discutido no item anterior, a espécie humana. A Tabela 1 apresenta o grau de toxicidade (variando em uma escala de 1 a 5) e a persistência (variando também em uma escala de 1 a 5) para os principais grupos de animais atingidos pela contaminação ambiental por agrotóxicos, exceto a espécie humana. (Fontes et al, 1994)

Tabela 1 – Toxicidade e persistência ambiental de alguns agrotóxicos

TOXICIDADE E PERSISTÊNCIA AMBIENTAL DE ALGUNS AGROTÓXICOS (ESCALA DE 1 A 5).					
Agrotóxicos	Toxicidade				Persistência no Ambiente
	Mamíferos	Peixes	Aves	Insetos	
Permetrina	2	4	2	5	2
DDT	3	4	2	2	5
Lindano	3	3	2	4	4
Etil-paration	5	2	5	5	2
Malation	2	2	1	4	1
Carbaril	2	1	1	4	1
Metoprene	1	1	1	2	2
<i>Bacillus thuringiensis</i>	1	1	1	1	1

Fonte: Peres & Moreira.

3.1 Classificação dos agrotóxicos

Os agrotóxicos abrangem um grande número de moléculas químicas, com diferentes modos de ação e toxicidade, sendo divididos em três grandes classes: inseticidas, fungicidas e herbicidas. Há ainda os rodenticidas, moluscicidas e acaricidas. Podem ser divididos em dois grupos principais: contato ou não-sistêmicos e sistêmicos.

Os agrotóxicos de contato ou não-sistêmicos não penetram no tecido vegetal e, conseqüentemente, não são translocados ou transportados dentro do sistema vascular das plantas. Os primeiros inseticidas, herbicidas e fungicidas pertenciam a esta classificação, e tiveram como desvantagem o fato de serem susceptíveis aos efeitos do clima (vento, chuva, sol), deixando a planta desprotegida contra o ataque de pragas.

Outro fato a ser mencionado é que os fungicidas não sistêmicos foram elaborados para prevenir o desenvolvimento dos esporos fúngicos. Assim, uma vez que a infecção for iniciada e ramificada nos tecidos da planta, o fungicida, devido a sua pouca ação erradicante, normalmente não podia deter a infecção. Por sua vez, os agrotóxicos não sistêmicos não apresentam a fitotoxicidade como grande problema, uma vez que eles não têm um contato mais íntimo com os tecidos da planta hospedeira.

O caráter sistêmico foi introduzido nos agrotóxicos que vieram após 1940. Eles efetivamente penetram na cutícula da planta e movimentam-se pelo seu sistema vascular. Como exemplo desse tipo de composto podem ser citados os herbicidas seletivos, cujo ingrediente ativo é o ácido fenoxiacético (1942), certos inseticidas organoclorados como o Schradan (1941) e fungicidas como o benomil (1967). Os fungicidas sistêmicos também foram denominados de quimioterápicos de plantas, pois não somente protegem a planta do ataque fúngico como também curam ou inibem a infecção estabelecida. São pouco afetados pelo clima e podem conferir imunidade em todo o crescimento da nova planta.

3.1.1. Inseticidas

Os inseticidas são agrotóxicos de importância agrícola e econômica, sendo os arsenais os primeiros a serem empregados para proteger as plantas contra o ataque de insetos. O arsenito de cobre impuro (*Paris green*) foi adaptado em 1865 para combater o *Colorado potato beetle*, seguido por arsenito de chumbo, como aerossol, para pomares, e o arsenato de cálcio, como pó para culturas. Posteriormente veio o cianeto de hidrogênio adaptado para uso agrícola. Entre os inseticidas sintéticos, o primeiro foi o éter fitiocianodietílico, introduzido em 1929, como aerossol para moscas, e, em 1927, foi introduzido o primeiro veneno à base de rotenona.

Os primeiros inseticidas utilizados após a Segunda Guerra Mundial foram os compostos inorgânicos e/ou inibidores da síntese do ATP, os quais são necessários para a atividade muscular. As exceções foram dois inseticidas neurotóxicos, um sendo piretróide e outro sendo a nicotina. Também nesse período foi iniciada a era química com introdução de conceitos totalmente novos sobre as moléculas químicas controladoras de insetos (inseticidas orgânicos sintéticos), o primeiro dos quais foi o DDT.

Os inseticidas organoclorados são aqueles que contêm carbono, cloro e hidrogênio, sendo bastante persistentes em solo e muito tóxicos para vários artrópodes. Foram amplamente utilizados durante os 25 anos após a Segunda Guerra Mundial. Eles incluem compostos como DDT, benzeno, hexaclorobenzeno, clordano, heptacloro, toxafeno, metoxicloro, aldrim, dieldrin, endrin, e endossulfam, que são relativamente não-solúveis, tem baixa volatilidade e são lipofílicos. Eles não são muito tóxicos para mamíferos, porém sua persistência e sua tendência a bioconcentrar-se em tecidos vivos e sua mobilidade na cadeia alimentar fizeram com que seu uso fosse proibido. Contudo, muitos rios e solos ainda são contaminados com DDT, endrin e dieldrin, os mais persistentes desses compostos, e há ainda relatos sobre o efeito de seus resíduos em aves silvestres (Edwards, 1993). Assim, esses compostos ainda apresentam problemas ambientais. Infelizmente, a maioria dos estudos de monitoramento para esses compostos químicos foi suspensa após seu uso ter sido banido ou restrito.

Para substituir os compostos acima mencionados, em 1945 surgiram os organofosforados que são compostos químicos instáveis, derivados do ácido

fosfórico. Alguns inseticidas organofosforados foram primeiramente desenvolvidos como armas químicas durante a Segunda Guerra Mundial. Eles incluem o parationa, diazinom, triclorfom, forato, carbofenotiona, dissulfotom, dimetoato, fentiona, tionazina, menazom, dinofenato e clorfenvinfós. Apesar desses compostos serem menos persistente que os organoclorados, muitos deles têm alta toxicidade aos mamíferos e são potencialmente tóxicos para pássaros e outros animais. Tanto em insetos como em mamíferos, eles agem inibindo a enzima colinesterase, sendo a principal causa de morte em mamíferos devido a insuficiência respiratória. Esses produtos algumas vezes causam severos problemas ambientais, como contaminação de água e morte localizada de animais, podendo algumas vezes contaminar o alimento humano.

Entre os inseticidas orgânicos também estão incluídos os de origem vegetal, como os piretróides, que são de menor toxicidade aos mamíferos e de baixa persistência no ambiente. No entanto, são muito tóxicos aos insetos, podendo, assim, serem usados em baixa dosagem. Seu principal efeito ambiental é em função do amplo espectro, por serem muito tóxicos para peixes e outros organismos aquáticos. Eles afetam uma ampla gama de insetos, podendo também afetar espécies benéficas, diminuindo o controle natural e aumentando a necessidade de controle químico. Esses compostos são formulados como aerossóis caseiros, aerossóis concentrados e pós, para uso em vegetais, frutíferas, arbustos ornamentais e flores em algum estágio do desenvolvimento.

Os inseticidas carbamatos, desenvolvidos como inibidores da colinesterase (ChE), apareceram em 1953. Eles possuem ação análoga a colinesterase, carbametilando ao invés de fosforilar a enzima. Esses compostos químicos não incluem somente inseticidas, mas também acaricidas, fungicidas e nematocidas. Tendem a ser mais persistentes que os organofosforados no solo e diferem consideravelmente em sua toxicidade aos mamíferos. Contudo, em sua maioria, são produtos tóxicos de amplo espectro que afetam diferentes grupos de organismos, tendo potencial para causar efeitos ambientais negativos, particularmente em solos.

Desde 1969 há outros grupos de inseticidas. Os primeiros foram os farmamidines (ex.: clordimeforme), que são agentes simpaticomiméticos, os quais agem inibindo a monoamina oxidase que normalmente remove as aminas neurotóxicas, como a seretonia. Os segundos foram os imitadores dos hormônios

juvenis (ex.:metopreno) que atuam imitando o hormônio natural juvenil ou inibindo seu desaparecimento, assim, atrasando ou interrompendo o processo da metamorfose. Os terceiros foram os inibidores da síntese da quitina (ex.: diflubenzurom) que se mostram promissores no controle de desfoliadores, larvas de mosquitos e outras pragas. Apesar de muitos produtos altamente efetivos já estarem disponíveis no mercado, ainda há necessidades de novas moléculas, devido, em parte, ao desenvolvimento de resistência, particularmente em espécies que produzem muitas gerações em rápida sucessão e tem altas taxas de multiplicação. Medidas legislativas, como as restrições impostas ao uso de inseticidas organoclorados, também foram criadas pela necessidade de substitutos. Espera-se que os novos inseticidas apresentem propriedades ideais, incluindo atividade de amplo espectro, concomitante com segurança para insetos benéficos, baixa toxicidade para mamíferos e peixes e suficiente ação residual com insignificante e inofensivo resíduo. Essas propriedades ideais deveriam estar associadas a um menor custo.

Um tópico atual, de grande interesse, é o controle de pragas feito com uso de hormônios de insetos, armadilhas, toxinas virais, quemoesterilizantes e, também, pelos métodos de controle biológico. No entanto, esses métodos ainda são considerados de pouca importância prática. Alguns problemas acompanham esses grupos de produtos. Os hormônios ficam caros para serem produzidos, e requerem o mesmo gasto em estudos toxicológicos e ecológicos que os inseticidas convencionais. Varias toxinas virais também tem efeitos colaterais teratogênicos e alergogênicos. Uma desvantagem dos produtos relacionados a hormônios é a sua instabilidade química em campo. Além disso, sua alta especificidade para somente uma ou não mais que uma poucas pragas podem selecionar espécies de pragas não controladas, as quais então ocupariam as vagas resultantes dos nichos ecológicos. O uso de armadilhas para o controle direto de pragas é ainda incipiente e sua utilização tem sido restrita a estudos de monitoramento na elevação das populações de pragas.

3.1.2. Fungicidas

As doenças fúngicas são mais difíceis de serem tratadas por meio de controle químico, quando comparadas aos insetos. Isto porque os fungos parasitas tem uma íntima relação com a planta hospedeira e sua erradicação pode prejudicar as associações benéficas.

Os fungicidas podem ser divididos em:

- Protetores, os quais são usados para formar uma película superficial no vegetal para prevenir a germinação ou estabelecimento de esporos fúngicos.
- Erradicantes, que eliminam uma infecção fúngica já estabelecida.
- Curativos, que atenuam os sintomas ou reparam os danos provocados pelos patógenos (Kimati, 1995).

Antes do desenvolvimento dos fungicidas orgânicos sintéticos, a proteção das plantas contra as doenças fúngicas dependia do uso de compostos de enxofre e cobre. O enxofre elementar era aplicado como partícula dispersa ou como solução coloidal. O enxofre calcário mais solúvel em água era, entretanto, mais fácil de formular e aplicar e sua decomposição subsequente, na superfície foliar, resultava em enxofre livre. Os fungicidas que contêm enxofre orgânico como captam, tiram, manebe e zinebe ainda são utilizados como protetores, porém sua persistência nas folhagens ou no ambiente é limitada.

A calda bordalesa, introduzida em 1885 para controlar míldio em uva, é basicamente hidróxido cúprico precipitado na mistura de sulfato de cobre e hidróxido de cálcio. O óxido cúprico e o oxicloreto de cobre são ainda amplamente utilizados como protetores, sendo que a principal ação fungicida dos compostos de cobre é provavelmente um efeito não específico do cobre em grupos sulfidrílicos das enzimas.

Os compostos mercuriais orgânicos, introduzidos em 1915, foram amplamente utilizados como fungicidas, principalmente em tratamento de sementes e cereais. Esses compostos são altamente efetivos, porém a toxicidade de seus componentes, unidas às suas indesejadas propriedades de acúmulo no ambiente, levaram a um declínio de seu uso.

Posteriormente, foram desenvolvidos fungicidas mais efetivos, com atividade sistêmica. Esse grupo inclui o benomil, o etirimol e o tofanato metílico, os quais apresentam baixa toxicidade para os mamíferos e alta eficiência no controle de doença fúngicas.

Atualmente, muitos tipos diferentes de fungicidas são usados, com estruturas químicas bastante diversas. A maioria tem relativamente baixa toxicidade aos mamíferos e, com exceção dos carbamatos, estreito espectro de toxicidade para organismos do solo e aquáticos. Seu mais sério impacto ambiental é em microorganismo do solo.

3.1.3. Herbicidas

Os herbicidas são substâncias químicas capazes de selecionar populações de plantas. São os compostos mais estudados, sendo classificados em:

- Seletivos, quando são utilizados para matar ervas daninhas sem prejudicar o cultivo.
- Não seletivos, quando, dependendo de seu modo de ação, podem ser aplicados nas folhagens ou no solo.

As sincronização da aplicação dos herbicidas com o estágio do cultivo ou desenvolvimento das ervas daninhas também tem a sua classificação. Essa sincronização depende de muitos fatores, incluindo as características químicas do composto e sua persistência, a cultura e sua tolerância ao herbicida, espécies de ervas daninhas, práticas culturais, clima, tipo e condição do solo. As três categorias de sincronização são: Pré-plantio, pré-emergência e pós-emergência.

Também podem ser classificados como “de contato”, sendo mais efetivos contra as ervas daninhas anuais e geralmente não são persistentes. Eles incluem compostos como os dinitrofenóis, cianofenóis e pentaclorofenol. O paraquatee é também algumas vezes classificada como um herbicida de contato. As triazinas são de baixa toxicidade aos mamíferos mas podem persistir no solo por muitos anos, são ligeiramente tóxicas aos organismos do solo e moderadamente tóxicas aos organismos aquáticos. Causam alguns outros efeitos ambientais diretos e indiretos em função do seu efeito residual.

Os herbicidas sistêmicos incluem moléculas tipo “hormônios” como 2,4,5,T; 2,4,D; MCPA; e CMPP. Eles são persistentes no solo e são totalmente seletivos em sua ação em várias espécies de plantas. O 2,4,5,T (agente laranja), causou sérios problemas como resultado de seu uso durante a Guerra do Vietnã. A maioria desses compostos é razoavelmente solúvel e alcança os lençóis subterrâneos de forma relativamente fácil. Não são muitos tóxicos aos peixes, ainda que alguns herbicidas usados para controlar ervas daninhas aquáticas sejam considerados moderadamente tóxicos para esses organismos (Edwards, 1977).

Um dos primeiros herbicidas foi o arsenato de sódio, introduzido como esterilizador de solo em 1900. A seguir veio o clorato de sódio, o óleo diesel e o solvente de Stoddard, altamente fitotóxico. Posteriormente, surgiu o monossódio metanoarsenato (MSMA), o dissódio metanoarsenato (DSMA) e o ácido cacodílico para o controle de gramíneas indesejáveis.

O uso de herbicidas tem-se expandido muito nos últimos 35 anos e não mostra sinais de diminuição. No Brasil, o volume de negócios com herbicidas passou de U\$ 400 mil, em 1964, para U\$ 1,37 bilhão, em 1998 (Durigan, 1990; Sindicato..., 1999). Apenas quatro culturas (soja, cana-de-acúcar, milho, arroz) concentram mais de 80% dos negócios com esses compostos (Oliveira Junior, 2001).

As razões desse aumento são essencialmente duas: além de contribuir para o aumento da produtividade, eles tem um grande impacto sociológico na agricultura, reduzindo o trabalho e eliminando a necessidade de certas operações de conservação, cujos fatores são de importância decisiva, especialmente em países altamente desenvolvidos com seus altos custos de Mão-de-obra. Também tem uma influência estabilizadora no preço da produção agrícola (Oliveira Júnior, 2001).

Os herbicidas também tem algumas vantagens do lado ecológico e toxicológico. Como normalmente são aplicados bem antes da colheita, o problema de resíduos é razoavelmente pequeno. Muitos herbicidas são inibidores seletivos da fotossíntese, um mecanismo específico para plantas, não tendo toxicidade aguda para mamíferos.

No entanto, a utilização de herbicidas tem também limitações. Análise detalhada sobre casos de intoxicações, registradas no Brasil pelo uso de agrotóxicos (Goellner, 1993), revela a preocupação existente em relação aos casos de intoxicação relacionados ao manejo inadequado desses compostos tanto na preparação da calda quanto na aplicação. Também existem os problemas

associados ao comportamento ambiental desses produtos. Oliveira Junior (2001) cita a restrição do uso do herbicida 2,4-D em alguns municípios do Paraná devido aos problemas de deriva do produto quando da aplicação, causando fitotoxicidade em áreas adjacentes.

Um outro problema a ser abordado é o da persistência da molécula por um período suficiente para limitar ou injuriar o desenvolvimento de espécies cultivadas em rotação. Além disso, os resíduos de herbicidas podem persistir em partes das plantas que poderiam ser utilizadas para consumo humano ou animal, tornando-as inaceitáveis.

3.1.4. Nematicidas

O controle de nematóides é feito por alguns nematicidas como diclopropene, metil isocianato, cloropicrim e brometo de metila, que também atuam como fumigantes do solo. Outros, como aldicarbe, dazomete e sódio metam, são efetivos principalmente através do contato. Todos eles são de alta toxicidade à mamíferos e tem amplo espectro de toxicidade, matando organismos em uma ampla faixa tanto vegetal como animal. Ainda que muito passageiros no solo, eles podem causar drástico efeito ecológico localizado, o qual pode persistir por muito tempo.

A fumigação do solo com brometo de metila, usada desde a década de 1940, pode ser vista como uma técnica de desinfestação, um método para tratamento de grande numero de patógenos do solo antes do plantio (Martin e Woodcock, 1983). Em função das suas propriedades físicas e químicas, esse composto é usado em muitas regiões geográficas do mundo. O seu uso foi estimulado por ser de aplicação simples. No entanto, há muitas desvantagens que restringiram seu uso, principalmente as que se seguem: sua alta toxicidade e volatilidade tornam críticas as medidas de proteção do aplicador; reduz a biodiversidade do solo; forma resíduos no solo; sua volatilidade polui o ar em áreas vizinhas; contamina a água em áreas em lençol freático alto; destino das embalagens; reduz a camada de ozônio (Rodriguez-Kábana, 1997).

A partir do conhecimento de sua ação destruidora da camada de ozônio, começou um movimento internacional visando a sua redução/eliminação. A Reunião das Partes do Protocolo de Montreal, realizada em Viena de dezembro de 1995,

estabeleceu a eliminação do uso do brometo de metila para os países em desenvolvimento até o ano de 2010. Considerando que o Brasil é signatário desse Protocolo, em 1996, na Primeira Reunião Brasileira sobre Alternativas ao Brometo de Metila na Agricultura, ficaram estabelecidas as seguintes proposições (Reunião..., 1997):

- Incentivar a pesquisa e a ampla adoção de alternativas ao brometo de metila.
- Tomar todas as alternativas cabíveis para restringir o consumo, utilizar as aplicações estritamente necessárias e reprimir gradualmente o consumo, sendo que a partir de 2006 poderá ser permitido apenas para quarentena, pré-embarque e usos críticos e essenciais.

3.1.5. Moluscicidas

Dois moluscicidas são comuns contra moluscos terrestres: metaldeído e metiocarbe, os quais foram identificados como causa de morte de vertebrados e insetos (Grã-Bretanha, 2002).

Ainda que o primeiro seja de alta toxicidade aos mamíferos, ambos podem ser usados como iscas, podendo ocorrer mortes ocasionais de mamíferos selvagens. Também há relatos sobre a morte de insetos que se alimentam de moluscos em decomposição e aves que se alimentam tanto desses insetos como dos próprios moluscos.

Muitos moluscicidas são usados para controlar cobras aquáticas, tais como o *N*-tritol morfolina, sulfato de cobre, niclosamina e pentaclorofenato de sódio, que são tóxicos também para peixes.

3.2. Agrotóxicos no ambiente

Apesar de os agrotóxicos constituírem uma pequena percentagem dos poluentes totais, não deve haver complacência com seu uso. Os agrotóxicos (sejam inseticidas, herbicidas ou fungicidas) por sua natureza e propósitos são venenos. Mesmo que suas quantidades sejam mínimas em comparação às dos minerais do solo, seu impacto no ambiente pode ser considerável (Zakrzewski, 1991). Também é conhecida a toxicidade de muitos compostos químicos naturais como a tetradoxina, curare, toxina botulínica, batrachotoxina, amarantina, aflatoxina e saxitoxina. Também alguns produtos naturais tóxicos podem bioacumular, como por exemplo: a toxina ciguatera, que é produzida por algas. Essa toxina acumula em peixes e após muitos passos na cadeia alimentar apresenta efeitos tóxicos nas pessoas que se alimentaram desses peixes contaminados. No entanto, a maioria dos compostos tóxicos no ambiente são xenobióticos. Esses compostos tornam-se poluentes ambientais quando tem efeitos no ambiente ou no homem, isto é, detrimental para os processos vitais.

O interesse na poluição causada por agrotóxicos aumentou nos últimos anos em decorrência das seguintes razões:

- O aumento na densidade populacional e na atividade industrial tem levado a uma grande liberação desses compostos no ambiente. Isto inclui atividades associadas com o uso de recursos naturais, a necessidade para energia e intensificação da agricultura.
- As análises de amostras ambientais em estudos de laboratório tem mostrado a persistência de alguns compostos xenobióticos.
- Da mesma forma como o descrito para o item acima, foi observado que certos compostos lipofílicos acumulam (concentram) em organismos biológicos, alguns deles alcançando concentrações muito altas e toxinas.
- Os mecanismos de transporte existentes expandem os problemas locais em problemas mundiais e nos ajudam a entender o porquê dos xenobióticos ocorrerem em áreas prístinas como as da região ártica, oceanos ou áreas desérticas.

- Conceitos ecotoxicológicos modificaram-se consideravelmente, da preocupação com a toxicidade aguda para efeitos e são mais sutis e ocorrem sob longos períodos de tempo (ex. carcinogenicidade).

Citam-se a seguir alguns parâmetros a serem considerados, quanto ao uso dos agrotóxicos:

3.2.1. Persistência no ambiente

Problemas com agrotóxicos centralizam-se em suas propriedades, como: toxicidade seletiva, persistência no ambiente, potencial de bioacumulação e mobilidade. A persistência no ambiente talvez seja o fator mais crucial em sua aceitabilidade. Segundo o Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama, 1990), a classificação dos compostos químicos quanto a sua persistência, é dada pela percentagem de desprendimento de $^{14}\text{CO}_2$ em 28 dias:

0% - 1%	Persistência alta ($T^{1/2}$ acima de 180 dias)
1% - 10%	Persistência média ($T^{1/2}$ entre 90 a 180 dias)
10% - 25%	Persistência reduzida ($T^{1/2}$ entre 30 e 90 dias)
Acima de 25%	Não persistente ($T^{1/2}$ abaixo de 30 dias)

Somente uma pequena proporção de agrotóxicos teve seus resíduos detectáveis por vários anos após a sua aplicação, sendo, assim, extremamente persistentes no ambiente. Muitos desses agrotóxicos ainda são importantes na proteção de culturas, o que faz com que, do ponto de vista econômico, sejam extensivamente usados no mundo todo.

A decomposição dos agrotóxicos pode ocorrer por degradação biótica (microbiana), ou abiótica (reação químicas e fotoquímicas). É frequentemente catalisada por reações de oxidação, redução, hidrólise, interações com radicais livres e dissipação (isto é, perde a atividade para a qual ela foi sintetizada), não necessariamente significando que ela se tornou uma substância menos tóxica.

3.2.2. Cadeia alimentar

O uso global de agrotóxicos esta se expandindo em escala e intensidade. Embora se conheçam muitas coisas a respeito das conseqüências ambientais dessa pratica tecnológica, nem todos os seus efeitos potencias são conhecidos.

Os organismos tem, principalmente, três vias de exposição aos agrotóxicos no ambiente:

- a) Através da ingestão de alimento ou água;
- b) Respiração;
- c) Contato externo com a pele ou exoesqueleto.

A exposição do organismo ao agrotóxico pode ser proveniente de uma aplicação deliberada do composto para controle de pragas, em áreas agrícolas, ou pode ser pela exposição indireta, quando o organismo esta exposto a baixos níveis de resíduos remanescentes de uma aplicação, ou erosão em área não alvo.

A molécula química que passar pelas varias barreiras do organismos pode ser metabolismo pelos tecidos ou ser armazenada. Se a velocidade de excreção do xenobiótico for baixa ou se a molécula química não for metabolizada, haverá acumulo da mesma no organismo, podendo a concentração a chegar a um nível de equilíbrio dependendo da concentração externa à qual o organismo esta exposto. Se a velocidade de excreção ou o metabolismo do xenobiótico for baixo e o composto for solúvel em gorduras ou for fortemente sorvido por outros constituintes do corpo, sua concentração final no organismo poderá ser maior do que sua concentração no meio ao qual esteve exposto. Isto é chamado de bioacumulação.

A preocupação com a bioacumulação de um xenobiótico teve início na década de 1960, devido a incidentes como:

- a) Toxicidade e resíduos de mercúrio metílico em marisco;
- b) Falha na reprodução de aves, devido a resíduos de agrotóxicos clorados em espécies aquáticas. Os modelos de bioacumulação foram desenvolvidos na década de 1970, considerando então processos, como a partição de compostos hidrofóbicos da água para os organismos aquáticos (Hamelink et AL., 1971). Na década de 1980, houve expansão do estudo da acumulação com o desenvolvimento de modelos de predição, incluindo a

bioacumulação em sedimentos, biomagnificação na cadeia alimentar e carcinogênese em espécies nativas (Barron, 1995).

Considerando que o ambiente é formado por diferentes fases como água, ar, solo e biota, o xenobiótico, ao ser introduzido nesse ambiente, é distribuído entre as diferentes fases, de acordo com suas propriedades.

No equilíbrio, as concentrações entre duas fases são caracterizada pelos coeficiente de partição (K), que é a razão da concentração de uma fase para o concentração em outra fase, e isso é constante. Os sedimentos aquáticos são formados pelo depósito de partículas e colóides, podendo assim atuar como um sumidouro ou uma fonte de poluentes. A entrada de xenobióticos persistentes leva a concentrações nos sedimentos que, muitas vezes, podem exceder a contaminação da água em muitas ordens de magnitude, devido à partição do composto nos sítios de ligação do sedimento (Barron, 1995).

O coeficiente de partição água-biota (K_B) é freqüentemente denominado de fator de bioconcentração e pode ter valores acima e abaixo de um milhão. Assim, biota aquática pode bioacumular concentrações significantes de um substrato que estava em concentrações muito baixas na água. Em alguns casos, essas concentrações de contaminantes na água são tão baixas que não podem ser detectadas pelas técnicas analíticas convencionais. A transferência do xenobiótico de um ambiente para um organismo resulta, geralmente, em concentrações mais alta dentro do organismo, quando comparadas à da fonte. Isso indica que estão envolvidos dois processos básicos, primeiro a transferência direta do ambiente abiótico para um organismo e, segundo, a transferência dentro do alimento para o consumidor. Em ambos os casos, o subsequente aumento na concentração do xenobiótico, em relação à concentração da fonte, é considerado como resultado da bioacumulação. A transferência direta de um composto químico da água para um organismo é definida como bioconcentração (Connell, 1990).

Num sentido mais amplo, a transferência de um xenobiótico do ar para vegetação terrestre, para biota terrestre de baixo nível trófico e para biota de nível trófico mais alto é o processo análogo, porém a inclusão desses processos sob o termo bioconcentração é imprópria. A terminologia adequada a ser usada para distinguir esse processo da bioconcentração em ambiente aquático é a bioconcentração terrestre (Connell, 1990).

A transferência de um xenobiótico do alimento para um organismo é descrita como biomagnificação. A transferência química da biota aquática de nível trófico mais baixo para a biota aquática de nível trófico mais alto e da vegetação terrestre para a biota terrestre de nível trófico mais baixo e desta para a biota terrestre de nível trófico mais alto pode ser vista como biomagnificação (Connell, 1990). A biomagnificação não implica necessariamente um aumento sequencial na concentração com nível trófico, mas a transferência de um xenobiótico do alimento para o consumidor nos diferentes níveis tróficos. O processo não é caracterizado por um simples equilíbrio, como no caso da bioconcentração, portanto um coeficiente de partição que indique uma situação de equilíbrio não seria apropriado, porém, coeficientes de partição mais complexos provavelmente estão envolvidos com a biomagnificação. Quando o mecanismo de transferência é desconhecido ou não está bem especificado, o termo bioacumulação é utilizado, significando que a transferência ocorreu e a concentração no organismo é mais alta do que a concentração no organismo é mais alta do que a concentração na fonte.

As evidências disponíveis indicam que, em ecossistemas aquáticos, os níveis tróficos mais altos podem adquirir compostos xenobióticos pela biomagnificação e bioconcentração. No ecossistema terrestre, o processo de partição do ar para a biota terrestre de nível trófico mais baixo e nível trófico mais alto normalmente não é significativo, porque na atmosfera ocorrem concentrações extremamente baixas do composto. Assim, nesses sistemas, a biomagnificação é a rota predominante da bioacumulação,

De acordo com Connell (1990), a biomagnificação e a bioconcentração envolvem rotas diferentes para os organismos e podem ter diferentes características de controle. Os animais aquáticos que respiram pelo ar, como as focas, baleias e golfinhos, bem como as espécies semi-aquáticas, como os pássaros aquáticos, necessitam de um organismo para a interface. Assim, o mecanismo de bioconcentração não pode operar e a biomagnificação é o único processo pelo o qual os animais adquirem compostos xenobióticos. Nesse sentido, tais organismos são considerados organismos terrestres e mais apropriadamente incluídos como biota terrestre de mais alto nível trófico. Entretanto, os organismos autotróficos, como os fitoplânctons e algumas bactérias, tiram seu alimento e O_2 dos componentes dissolvidos na água. Com esses organismos há bioconcentração, uma

vez que somente compostos xenobióticos disponíveis estão dissolvidos na água. Portanto, a biomagnificação só pode ser aplicada aos organismos aquáticos, quando esses obtêm os compostos xenobióticos através dos resíduos na alimentação. Assim, esse mecanismo somente relaciona-se aos organismos de níveis tróficos mais altos, que consomem matéria orgânica complexa como alimento. Incluem organismos como peixes, caranguejos e muitos invertebrados. Connell (1988), baseado em informações disponíveis na literatura, demonstrou que a bioconcentração é um processo de partição organismo-água, controlado por processos de difusão e outros relacionados, concluindo que:

- A biomagnificação opera com organismo aquáticos de respiração aérea.
- A bioconcentração opera com organismos autotróficos, como os fitoplânctons e algumas bactérias.
- Ambos os mecanismos variam em importância em vários grupos bióticos, dependendo de vários fatores, mas, em geral, a bioconcentração tem maior significado.
- A biomagnificação geralmente ocorre com compostos persistentes, tendo $\log K_{ow}$ maior que 5 e com organismos que tem vida longa.

3.2.3. Resistência

A resistência é o desenvolvimento de uma habilidade, em uma linhagem de um organismo em tolerar doses de agrotóxicos que seriam letais para a maioria da população normal (susceptível) da mesma espécie (Omoto, 2002b). A resistência é uma característica hereditária, e sendo assim, uma outra definição de resistência dentro de um contexto genético é a de Crow (1957), que define a resistência como “o marco na mudança da composição genética de uma determinada população em resposta à pressão de seleção”. Assim, para cada novo medicamento ou agrotóxico desenvolvido pelo homem, bactérias e pragas respondem com um rápido processo de evolução seletiva que os torna mais resistente (Pesticidas..., 2002).

Dentro de um contexto pratico o Comitê de Ação a Resistência a

Inseticidas – IRAC – (Inseticidas Resistance Action Committee) define a resistência como uma redução na susceptibilidade de uma determinada população de praga a um agrotóxico, que é observado através de fracassos repetidos com o uso desse produto, de acordo com as recomendações apresentadas no rótulo, e onde o baixo desempenho não pode ser explicado através de problemas de armazenamento do produto, aplicação e condições ambientais ou climáticas desfavoráveis (Omoto, 2002b).

A evolução da resistência de pragas a agrotóxicos tem se tornado um dos grandes entraves em programas de controle de pragas envolvendo o uso de produtos químicos. A primeira documentação de resistência foi realizada em 1908, quando Melander (1914) reportou a presença de uma linhagem de piolho-de-são-josé (*Quadraspidiotus perniciosus*), resistente ao enxofre, no Estado de Washington, Estados Unidos. Os casos de resistência se intensificaram com a introdução dos inseticidas e acaricidas organo-sintéticos ao redor de 1940. Até o final da década de 80, foram documentadas 504 espécies de insetos e ácaros resistentes a pelo menos uma classe de composto químico (Georghiou e Lagunes-Tejeda, 1991). São poucos os relatos de inimigos naturais resistentes a inseticidas, e nenhum deles proveniente do Brasil (Guedes, 2002).

São vários os fatores capazes de influenciar na evolução da resistência a agrotóxicos, atuando diferencialmente nos processos evolutivos (i.e.mutação, seleção, fluxo gênico e deriva genética). Tem-se buscado equacionar a importância relativa de cada um desses fatores, que foram genericamente agrupados em:

- a) Fatores genéticos;
- b) Fatores biológicos;
- c) Fatores operacionais.

Desses fatores, os dois primeiros são de difícil manipulação e de emprego complicado no manejo da resistência, apesar de extremamente importantes sob o aspecto preditivo quanto à evolução do fenômeno (Guedes, 2002). Além desses fatores, existem duas hipóteses adicionais que tentam explicar a evolução da resistência à inseticidas em inimigos naturais (Guedes, 2002).

- Hipótese da alimentação complementar: enfatiza que a baixa

ocorrência de resistência a inseticidas em inimigos naturais de insetos-pragas se deve ao fato de que populações residuais desses organismos que sobreviveram à aplicação de inseticidas se deparam com pequena disponibilidade de presas e passam fome, não se reproduzem, ou migram para fora de área tratada onde se acasalam com indivíduos susceptíveis.

- Hipótese da susceptibilidade diferencial: refere-se ao fato de que as pragas estariam potencialmente melhor pré-adaptadas a sobreviver a aplicação de inseticidas convencionais, ao contrario de seus inimigos naturais, devido a inerente capacidade das primeiras em lidar com estresse bioquímicos, associados a suas fontes naturais de alimento, desenvolvido durante a evolução da relação planta-hospedeira X inseto-praga.

A intensidade de resistência refere-se à magnitude da resistência, ou seja, as diferenças em susceptibilidade a um determinado agrotóxico entre as linhagens susceptível e resistente de um determinado organismo. A intensidade de resistência pode ser determinada através da razão de resistência (CL_{50} ou DL_{50} da população resistente dividido pelo CL_{50} ou DL_{50} da população susceptível; onde CL_{50} ou DL_{50} é a concentração ou dose letal que causa mortalidade de 50% da população) (Omoto, 2002b).

Os principais mecanismos pelos quais os ácaros ou insetos expressam a resistência são o aumento do metabolismo, redução na sensibilidade do sítio de ação e decréscimo na penetração cuticular do produto químico. Um outro mecanismo pelo qual os artrópodes podem expressar a resistência é por comportamento (por ex.: repelência). Os indivíduos resistentes por causa do aumento no metabolismo são capazes de degradar a molécula química em compostos inertes com maior eficácia do que os indivíduos susceptíveis. Já os resistentes devido à redução na sensibilidade do sítio de ação apresentam uma alteração do mesmo, mostrando-se menos sensíveis ao produto químico. Por exemplo, os indivíduos resistentes a um determinado piretróide, pelo mecanismo de redução na sensibilidade do sítio de ação, apresentam os canais de sódio alternados, pois os piretróides atuam como moduladores desses canais localizados

no axônio da célula nervosa. E os indivíduos resistentes devido à redução na penetração cuticular recebem uma menor quantidade de agrotóxico no alvo de ação do produto. A resistência de ácaros e insetos a dois ou mais compostos químicos (através da resistência cruzada ou múltipla) tem sido um dos grandes entraves em programas de manejo de pragas envolvendo o uso de produtos químicos (Omoto, 2002b).

De um modo geral, os agrotóxicos pertencentes ao mesmo grupo químico apresentam resistência cruzada, a qual refere-se aos casos em que um único mecanismo de resistência confere resistência a dois ou mais compostos químicos (produtos estes geralmente relacionados, por ex.: cihexatina e óxido de fembutatina, ambos pertencentes ao grupo dos acaricidas organoestânicos) (Omoto, 2002b). em alguns casos, a resistência cruzada é parcial, isto é, não implica em falha no controle do patógeno, mas somente uma redução na sensibilidade. Os estudo da resistência cruzada é fundamental em todas as etapas do desenvolvimento de um novo composto, lançamento no mercado e elaboração de estratégias anti-resistência (Ghini e Kimati, 2000). Já a resistência múltipla ocorre quando, pelo menos, dois diferentes mecanismos de resistência coexistentes conferem resistência a dois ou mais compostos químicos (produtos estes geralmente não relacionados, por ex.: bifentrina e cihexatina, que são pertencentes ao grupo dos piretróides e organoestânicos, respectivamente) (Omoto, 2002b).

A adoção de uma estratégia anti-resistência deve ser realizada antes que ocorra o problema, pois uma vez que a população do patógeno tornou-se resistente, a única possibilidade reside na aplicação de um outro composto com diferente mecanismo de ação, ou um método não químico de controle (Ghini e Kimati, 2000).

Georgiou (1983), citado por Omoto (2002b), divide as estratégias de manejo da resistência em três grupos, ou seja, manejo por moderação, manejo por saturação e manejo por ataque múltiplo.

O princípio básico no manejo por moderação esta na redução da pressão de seleção para preservar os indivíduos susceptíveis em uma determinada população. Algumas recomendações dentro dessa estratégia incluem a aplicação menos freqüente de pesticidas, controle em reboleiras (quando viável), manutenção de áreas não tratadas para servir de refugio aos indivíduos susceptíveis e para aplicação do produto no estagio mais vulnerável da praga.

O manejo por saturação tem por objetivo reduzir o valor adaptativo

(*fitness*) dois indivíduos resistentes, por meio do uso de sinergistas ou altas dosagens do produto. Certos sinergistas podem bloquear a resistência metabólica; o butóxido de piperonila, por exemplo, bloqueia a ação de enzimas oxidativas dependentes do citocromo P450.

O manejo por ataque múltiplo envolve a utilização de dois ou mais produtos em rotação ou mistura. O princípio da rotação de produtos é baseado no fato de que a frequência de resistência a um produto (A) diminui quando produtos alternativos (por ex.: B e C) são utilizados (Georghiou 1983, Tabashnik 1989).

3.2.4. Restrições

A indústria química produz hoje mais de cem mil compostos diferentes, e muitos acabam sendo lançados no ambiente acidentalmente, às vezes até propositalmente, como os agrotóxicos e os resíduos dos processos produtivos. Os governos, tradicionalmente, abordam o gerenciamento ambiental estabelecendo padrões de cargas de poluição admissíveis para água, ar e terra. A indústria reage instalando equipamentos, como filtros, só nos dispositivos de final de processo para manter esses padrões de emissão. No entanto, a continua degradação do ambiente é prova de que essa abordagem tem falhas. Em primeiro lugar, ela supõe que o ambiente pode tolerar certa quantidade de poluição. Além disso, como água, ar e terra, em geral, são regulamentados por autoridades diferentes, essa fragmentação resulta na troca de substâncias tóxicas entre ar, água e solo. São exemplos disso: a descarga de filtros contaminados em aterros, nos quais envenenam tanto o solo como, por fim, o lençol freático; ou lodo de esgoto contaminado queimado em incineradores de resíduos que provocam a poluição do ar e também a do solo e do lençol freático, quando as cinzas desse incinerados são descarregadas (Greenpeace, 2002).

Alguns governos reconheceram as limitações dessa abordagem e introduziram o Controle Integrado de Poluição. É o caso da Suécia. Contudo, mesmo essas políticas deixam de reconhecer que a maior parte da poluição não pode ser controlada.

Contudo, a estratégia mais bem-sucedida para eliminar substancia tóxicas de processos de produção foi à introdução de proibições e reduções progressivas em âmbito nacional e regional. Como por exemplo, o PCBs, DDT e mercúrio. Mais

mesmo assim alguns desses produtos ainda são fabricados e exportados pelos Estados Unidos.

3.2.5. Efeitos a saúde

As pessoas estão expostas diariamente a varias substancia tóxicas que vão desde poluentes industriais no ar, resíduos de agrotóxicos e/ou metais pesados em alimentos e água para beber. Os poluentes orgânicos persistentes incluem muitos agrotóxicos, dioxinas, furanos e PCB's. Esses compostos causam sérios riscos à saúde humana, pois podem persistir no ambiente e podem bioacumular e biomagnificar na cadeia alimentar.

A quantidade de resíduos de agrotóxicos ingeridos por pessoa, diariamente, é quase dez mil vezes menor do que a dose diária de agrotóxicos naturais, produzidos pelas próprias plantas (Envirohealthaction, 2002). No entanto, os agrotóxicos sintéticos são tóxicos mesmo em pequenas quantidades. Estudos realizados confirmam que baixos níveis de exposição a agrotóxicos podem causar serias doenças e desordens na saúde, incluindo câncer, dano ao sistema nervoso, sistema reprodutivo e outros órgãos, anormalidades no desenvolvimento e comportamento, disfunção hormonal e disfunção do sistema imunológico.

Nos ecossistemas, os efeitos desses poluentes são devastadores pois atuam nos estratos inferiores da cadeia alimentar chegando, por vezes, a eliminá-los, comprometendo, dessa forma, toda a população local. São conhecidos vários efeitos ambientais relacionados à utilização de agrotóxicos. São eles (Ribeiro et AL., 2001).

- Supressão da fotossíntese no nível de fitoplâncton.
- Aumento da mortalidade e malformações em peixes jovens.
- Embriões mortos e deformados em tartarugas de água doce.
- Diminuição da espessura dos ovos e malformações embrionárias de varias espécies de aves.
- Feminizarão e conseqüente infertilidade em águias de cabeça branca, habitantes dos Grandes Lagos (America do Norte).
- Tumores e lesões em baleias.

- Disfunção do sistema imune em gaivotas.

Alguns organoclorados podem causar danos mimetizando ou bloqueando os hormônios esteróides que controlam o crescimento e o sexo, em particular o estrógeno (hormônio sexual feminino) e a testosterona (hormônio sexual masculino). O estrógeno é essencial para o desenvolvimento normal dos órgãos reprodutivos femininos e masculinos durante a vida fetal, tanto nos seres humanos quanto nos animais. Por isso, não é surpreendente que organoclorados que mimetizem ou bloqueiem o estrógeno possam causar efeitos devastadores no desenvolvimento do sistema reprodutivo do feto. A exposição aos organoclorados durante a gravidez pode provocar:

- Óbito fetal e aborto espontâneo.
- Diminuição de peso e tamanho ao nascimento.
- Alterações de comportamento e rebaixamento da inteligência.
- Depressão do sistema imunológico.
- Redução da resistência óssea.

Efeitos na prole são permanentes e irreversíveis.

Hoje se sabe que a maioria dos cânceres é causada por interações de vários fatores incluindo genética, dieta e estilo de vida. Existem muitas evidências que os poluentes orgânicos estão contribuindo para o aumento do câncer nos Estados Unidos e em outros países.

Estudos desenvolvidos na Fiocruz, entre os anos de 1979 e 1998, na região serrana do Rio de Janeiro, demonstraram que os agricultores na região morreram mais de câncer (principalmente estômago e esôfago) do que o resto da população. A explicação para esse fenômeno pode ser a alta exposição dos mesmos aos agrotóxicos freqüentemente utilizados na área (Ferreira, 2002). Essa pesquisa nasceu da necessidade de investigar as consequências do uso indevido desses agrotóxicos e de estudos feitos em outros países que surgiram a utilização de agrotóxicos e casos de câncer em localizações específicas do corpo.

Uma boa notícia é que esses tipos de câncer poderão ser prevenidos, uma vez que os carcinógenos podem ser eliminados do ambiente se houver comprovação de seu efeito.

As dioxinas e os furanos são subprodutos industriais produzidos durante a incineração de resíduos, manufatura de compostos químicos e uma variedade de outros processos. Esses produtos entram no ambiente primariamente por deposição do ar e são levados posteriormente por escoamento superficial, volatilização e ressuspensão no ar. As dioxinas tendem a se acumular nos tecidos adiposos de animais e humanos, onde podem permanecer por longo período. A principal exposição humana às dioxinas ocorre pelo consumo de peixe, gordura animal e subprodutos. Esses compostos estão relacionados a muitos e graves efeitos na saúde humana, incluindo câncer, efeitos na reprodução e desenvolvimento e disfunção endócrinas (Envirohealthaction, 2002). Recentemente, por exemplo, pesquisas comprovaram que as pessoas que foram expostas a dioxinas durante o acidente industrial na cidade italiana de Seveso, em 1976, são mais propensas a certos tipos de câncer (Bertazzi et al., 1993; Corpo de delito 2002). Um estudo holandês, de 1994, constatou que 200 bebês, cujas mães tinham altos níveis de dioxinas no leite e no cordão umbilical, apresentaram uma variedade de disfunções em seus músculos, reflexos e tireóide (Koopman-Esseboom et al., 1994).

Uma forma particular de acne, alterações metabólicas, aparecimento de tumores (sarcoma dos tecidos moles, câncer das vias biliares, mieloma múltiplo), carcinogênese, teratogênese experimental (em animais de laboratório), alterações hormonais, depressão imunológica e redução da fertilidade constituem, entre outras situações aspectos resultantes da atividade desse grupo de substância (Cardoso, 2002).

Quanto aos furanos, tem sido associado ao homem, com efeitos neurológicos, oculares e dermatológicos. Os efeitos nas comunidades dependem da concentração, da interação entre os diferentes produtos, da susceptibilidade individual, da idade das pessoas e do estado de saúde (pessoas com patologias crônicas). O efeito tóxico em doses mínimas aliados à tendências bioacumulativa desses produtos poderão ser responsabilizados, no futuro, pelo aparecimento e/ou agravamento de patologias graves na comunidade humana e outros agravamento de patologias graves na comunidade humana e outras espécies. Se, aliarmos a esses aspectos o risco (ainda que mínimo) de um acidente (maior exposição), as consequências poderão ser bastante graves para a saúde dos expostos nas áreas em questão. Tais fatos, por si só, são mais do que suficientes para serem tomadas

atitudes de prevenção, as quais passam obrigatoriamente pela tolerância zero. Perante esses fatos, a solução é evitar qualquer tipo de exposição ou risco de contaminação ambiental.

3.3. Principais impactos ambientais

A agricultura químico-industrial e o uso de agrotóxicos esta provocando conseqüências drásticas ao meio ambiente.

Podem-se citar:

- Contaminação de alimentos;
- Poluição de rios;
- Erosão de solos e desertificação;
- Intoxicação e morte de animais;
- Extinção de várias espécies de animais.

3.4. Contaminação de alimentos por agrotóxicos

Milhões de pessoas diariamente ao se alimentarem, estão ingerindo resíduos de agrotóxicos existentes nos alimentos. A contaminação dos alimentos relaciona-se a três causas:

- **Fenômeno da Magnificação Biológica**, cujos mecanismos tendem a concentrar-se nos sistemas biológicos dos produtos tóxicos persistentes encontrados no ambiente. Um exemplo: DDT, o qual entra nas cadeias alimentares, acumulando-se e concentrando-se a cada nível trópico, atingindo níveis fatais, principalmente para vertebrados e predadores, inclusive o homem.

- **Tratamento dos Estoques de Matéria-prima Vegetal**, no qual são agregados uma série de produtos químicos, entre os quais: corantes, acidulantes e conservantes. Os resíduos de agrotóxicos não são eliminados da matéria durante o processo de industrialização.
- **Tratamento de Estoques de Matéria-prima Vegetal ou Animal**: durante o armazenamento, certa quantidade de agrotóxicos é introduzido à matéria-prima, prevenindo a perda do mesmo.

3.5. As intoxicações, sintomas e tratamentos

Os agrotóxicos atuam de duas maneiras quanto à saúde da população: através das intoxicações dos agricultores durante a aplicação desses produtos ou através do consumo de alimentos contaminados com resíduos de venenos.

As intoxicações podem ser classificadas em *aguda*, *crônica* e *recôndita*.

- Na intoxicação *aguda*, o organismo logo reage, apresentando sinais e/ou sintomas. Os sintomas aparecem nas primeiras 24 horas após exposição, e os sintomas podem ser fatais ou perdurarem por certo tempo, dependendo do produto e da dose. Os casos agudos são de diagnóstico fácil por serem logo correlacionados com a exposição ao tóxico.
- Na *intoxicação crônica*, torna-se difícil estabelecer a correlação entre causa e efeito. Existem manifestações que surgem meses e até anos após a exposição a algum agrotóxico, ou após à exposição continuada e freqüente a pequenas doses de agrotóxicos. Há casos de intoxicações por verdadeiros coquetéis de agrotóxicos, dificultando o diagnóstico.
- A *intoxicação recôndita* é o resultado do acúmulo de quantidades mínimas de um agrotóxico no organismo, suficiente para interferir na normalidade dos fenômenos vitais. Alguns agrotóxicos apresentam efeitos *mutagênicos* e

carcinogênicos. Dose letal 50% oral (DL-50 oral): é a dose única, que provoca a morte em 50% dos animais testados, em até 14 dias, após sua administração por via oral. Dose letal 50% dérmica (DL-50 dérmica): é a dose única, que após o contato por 24 horas com a pele tanto intacta, quanto escoriada, provoca a morte em 50% dos casos, em 14 dias após a sua administração. (O animal para este teste é o rato albino macho).

Para exercer algum controle sobre o uso de agrotóxicos, entrou em vigor a partir de janeiro de 1990, a nova *Lei dos Agrotóxicos*, determinando que somente possam ser utilizados aqueles produtos aprovados por órgãos públicos oficiais. Com a nova lei, os agrotóxicos têm o mesmo tratamento que os medicamentos mais fortes: só podem ser vendidos ao agricultor mediante apresentação de bula expedida por agrônomo, que instrui sobre o tipo, a quantidade e a concentração. Grande avanço nessa legislação é a possibilidade de qualquer pessoa ou entidade poder requerer o cancelamento do registro de um agrônomo. A melhor solução, entretanto, ainda é a substituição dos agrotóxicos por medidas alternativas.

Um produto *altamente tóxico*, aplicado em *baixa concentração* de seu Princípio Ativo, pode ser *menos agressivo* para a saúde humana que outro *menos tóxico*, usado em *altas concentrações*.

Informações para uso Médico conforme o Grupo Químico ao qual pertence o Produto:

Torna-se indispensável a conscientização dos agricultores e empregadores sobre os riscos no uso dos agrotóxicos e o uso eficiente. Informações corretas sobre as intoxicações dos defensivos agrícolas influem decididamente sobre as condições de vida e saúde dos trabalhadores rurais. As informações corretas são de extrema importância ao agricultor, pois auxiliam no diagnóstico precoce das intoxicações, bem como prevenir as intoxicações por este grupo de agentes químicos.

- Intoxicação por Organoclorados: são bem absorvidos pelo trato gastrointestinal, pela pele e por inalação. São altamente lipo-solúveis e cumulativos, com relação a exposições repetidas. Alguns podem ser carcinogênicos. A absorção pela pele é uma significativa rota de ingresso no organismo humano, especialmente com ALDRIN, DIELDRIN e ENDRIN. *Sintomas de alarme*: apreensão, excitabilidade, tonturas, cefaléia, desorientação, cansaço, tremores, convulsões e coma. Antídoto e tratamento: barbitúricos pelas via oral, intramuscular ou intravenosa nos casos de excitação.
- Intoxicação por Organofosforados: induzem a fosforilação da acetilcolinesterase das hemácias, sinapses e músculos esqueléticos e da colinesterase do fígado e plasma. O agrotóxico ocupando o sítio das enzimas, leva-as a desnaturação, e portanto, não vai ocorrer a degradação da acetilcolina, que se acumula. O processo só se modifica com a regeneração das enzimas ou por atuação de medicamentos. A regeneração é lenta, podendo durar dias, semanas ou meses. Além dessa ação os organofosforados também causam pneumonite química, alterações no metabolismo hepático e alterações na coagulação. *Sintomas de alarme*: - aumento do ritmo respiratório, tosse, edema pulmonar, vômitos, diarreia, fraqueza muscular, contrações involuntárias, tardias câimbras, ansiedade, inquietação, tensão nervosa, alterações no sono, solução, falta de coordenação dos movimentos. O início dos sintomas depende das vias de absorção, grau de exposição e toxicidade do agente, podendo ser de 5 min a 24 horas. Sendo a *via respiratória*, os efeitos surgem rapidamente. Pela *via dérmica e digestiva*, o aparecimento é mais lento. O maior risco é de insuficiência respiratória, por fraqueza muscular e/ou depressão do centro respiratório que é causada pelo agente e também pelo solvente presente (hidrocarboneto). Antídoto e tratamento: O tratamento é sintomático.
- Intoxicação por Carbamatos: são menos tóxicos que os organofosforados, ainda que seus efeitos sejam similares: também inibem a acetilcolinesterase, que leva ao acúmulo de acetilcolina com seus efeitos sobre o sistema nervoso central. Algumas formulações dos carbamatos levam METANOL

como solvente, devendo ser considerada a intoxicação por esse agente nos casos de ingestão. *Sintomas de Alarme*: fraqueza, dor na cabeça, opressão no peito, visão turva, pupilas não reativas, salivação abundante suores, náuseas, vômitos e cólicas abdominais. Antídoto e tratamento: Sulfato de Atropina, pelas vias intramuscular ou intravenosa (eventualmente por via oral). *Contra Indicação*: oximas (Contrathion), morfina, aminofilina, e tranqüilizantes.

- Intoxicação por Compostos Dipiridílicos: causam lesões aos tecidos da pele, unhas, olhos, nariz, boca, aparelho respiratório e gastrointestinal. Produto contendo Paraquat (mais estudado), um forte cátion em solução aquosa (20 - 24%), podendo causar corrosão na pele ou trato gastrointestinal. É fracamente absorvido pela pele íntegra, mas é facilmente absorvido em pele lesada. O Diquat não causa fibrose pulmonar, mas causa insuficiência renal e acidentes vasculares cerebrais hemorrágicos. Catarata em animais. A confirmação de intoxicação é realizada pelo exame de urina. *Sintomas de Alarme*: dor na cabeça, tremores, cólicas, diarreia, anúria. Antídoto e tratamento: para impedir a absorção, administrar suspensão de argila com alta capacidade de absorção (terra fuller), seguidos de purgativos salinos.
- Intoxicação por Ar senicais e Inorgânicos: são irritantes para a pele, mucosas, aparelhos respiratório e gastrointestinal. Após absorção, o arsênico altera o metabolismo celular. *Sintomas de Alarme*: dores abdominais, vômitos e diarreia, hipertensão arterial, dermatite esfoliativa, neurite e polineurite. Antídoto e tratamento: Esvaziamento estomacal e combate à desidratação.
- Intoxicação por Compostos Mercuriais Orgânicos: os organomercuriais são usados como fungicidas. O mercúrio metálico é usado para fumigar ambientes fechados e para conservação de grãos contra a ação de insetos. Os sais de mercúrio inorgânico são: *cloreto de mercúrio* - conservação da madeira; *cloreto mercurioso* - inseticida. *Sintomas de Alarme*: dor na cabeça perda de peso, diarreia, tremores, perda da visão periférica, paralisia, perturbações da fala e da audição, coma e morte. Antídoto e tratamento:

Exames de sangue, urina e níveis nos cabelos podem ser úteis. Tratamento sintomático, BAL - não é considerado eficiente.

- Intoxicação por Piretrinas e Piretróides: inalação causa irritação do aparelho respiratório superior e reações de hipersensibilidade. *Piretrinas* são derivadas das plantas crisantêmo. Os *piretróides* são derivados sintéticos. *Sintomas de Alarme*: após a ingestão, o sistema nervoso central, pode ser afetado e o estado de coma pode ocorrer. Eventualmente convulsões ou depressão respiratória, Antídoto e tratamento: não existe testes laboratoriais para confirmar a intoxicação o tratamento sintomático.
- Intoxicação por Compostos Clorofenóis: o Agente Laranja é a mistura dos clorofenóis 2,4-D (ácido diclorofenóxiacético) e 2,4,5-T (ácido triclorofenóxiacético) e contém, como contaminante a Dioxina TCDD (2,3,7,8 tetraclorobibenzo-p-dioxina). São irritantes para a pele, olhos, aparelho respiratório e gastrointestinal. São absorvidos através do aparelho digestivo, pulmões e pele *Sintomas de Alarme*: vômitos, diarreia, anorexia¹², perda de peso, úlceras na boca e faringe, e lesões nos rins, fígado e sistema nervoso é o quadro tóxico. A causa de morte é usualmente a fibrilação ventricular. Antídoto e tratamento: tratamento sintomático.
- Intoxicação por Fungicidas Dimetilditiocarbamatos: muitos compostos são irritantes e sensibilizantes, inibidores de enzimas sulfídricas do fígado e sistema nervoso. *Dissulfeto de Carbono* é tóxico por ação direta. *Sintomas de Alarme*: pode ocorrer necrose no fígado, baço, rins, e reações psicóticas. O agrotóxico é metabolizado no organismo e não permite a sua detecção na urina ou no sangue. Antídoto e tratamento: tratamento sintomático.
- Intoxicação por Herbicidas Derivados da Uréia, do Uracilo e da Triazina: no homem, causam irritação do aparelho digestivo, onde são bem absorvidos. Absorção pela pele e pulmões não foi suficientemente investigada. *Sintomas de Alarme*: irritação dos olhos e mucosas, náuseas. Vômitos e diarreia podem ser esperadas em casos de ingestão de grandes quantidades. Antídoto e tratamento: Na confirmação podem ser detectados os próprios compostos, na

urina de pessoas que absorveram regular quantidade dos compostos.
Tratamento sintomático.

3.6. Perícia ambiental

A perícia ambiental é um exame realizado por técnico, ou pessoa de comprovada aptidão e idoneidade profissional, para verificar e esclarecer um fato, ou estado ou a estimação da coisa que é objetivo de litígio ou processo, que com um deles tenha relação ou dependência, a fim de concretizar uma prova ou oferecer o elemento de que necessita a Justiça para poder julgar.

O perito ambiental é alguém escolhido pelo juiz e de confiança deste. Cabe a ele levantar todos os dados possíveis acerca das causas, dimensões e naturezas dos danos ambientais causados, podendo (ou mesmo devendo) para isso contar com a ajuda de uma equipe multidisciplinar escolhida por ele mesmo e que seja de sua confiança. Mais uma vez, isto se deve à dificuldade de se dimensionar ou qualificar danos ambientais, pois tal tarefa exige conhecimentos especializados, dificilmente, alcançáveis por apenas uma pessoa.

O perito ambiental deve ser totalmente imparcial, não possuindo qualquer tipo de impedimento (como ser parente ou já ter trabalhado para alguma das partes), apenas apresentando os fatos sem expressar qualquer opinião ou julgamento próprios acerca de suas investigações no laudo pericial que apresentará ao juiz e sobre o qual assumirá inteira responsabilidade podendo responder até mesmo criminalmente se em algum momento ficar constatado que agiu de má fé.

3.6.1. Identificação da área

Várias questões precisam ser respondidas no âmbito da perícia ambiental, e precisam ser colocados no logo no início dos trabalhos periciais. Qual a

localização (inclusive geográfica e cartográfica) da área do empreendimento ou da intervenção?

A área em referência está inserida, ainda que parcialmente, em alguma Unidade de Conservação ou abarcadas pelo instituto do tombamento? Identificar e justificar.

A área em questão é de interesse ambiental (considerada de preservação permanente, reserva legal etc.)?

Tratando-se de área situada na zona rural, descrever a situação das áreas de preservação permanente e de reserva legal, informando se estão preservadas, se são exploradas (com pastos, plantações, construções etc.) e se a área de reserva legal está devidamente averbada. Sendo possível, juntar cópia de certidão do Registro, fornecida pelo proprietário. Identificar o(s) respectivo(s) proprietário(s) e possuidor(s).

3.6.2. Identificação do dano

Descrever as atividades e intervenções realizadas na área referida (p. ex.: construção, reforma, ampliação, instalação ou funcionamento de estabelecimento, obra ou serviço, supressão de vegetação, lançamento/despejo esgotos, produtos químicos, lixo etc.), esclarecendo se são potencialmente poluidoras.

Esclarecer em que data(s) – ainda que aproximadas – ocorreram ou foram iniciadas as atividades e intervenções no meio ambiente.

Esclarecer se a as atividades e intervenções causaram alteração(ões) adversa(s) das características do meio ambiente.

Esclarecer se a(s) alteração(ões) adversa(s) das características do meio ambiente podem: **(a)** prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população; **(b)** criar condições desfavoráveis às atividades sociais e econômicas; afetar desfavoravelmente a biota; **(c)** afetar as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; **(d)** ou lançar matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Esclarecer se as atividades, intervenções e seus efeitos (alteração adversa das características do meio ambiente) continuam sendo desenvolvidas, se a

permanência das atividades e intervenções torna mais grave a degradação ambiental ou mesmo a situação de perigo existente. Justificar, informando se as atividades e intervenções devem ser suspensas.

3.6.3. *Nexo de causalidade*

Informar quem foi ou continua sendo o responsável (pessoa física e/ou pessoa jurídica) pelas atividades e intervenções?

Informar, sendo o caso, quem tinha a obrigação de cuidar para que os efeitos das atividades e intervenções não acarretassem alteração adversa das características do meio ambiente.

3.6.4. *Possibilidade de recuperação do meio ambiente*

As áreas direta e/ou indiretamente afetadas (degradadas) são passíveis de comportar recuperação ambiental (física e biológica)? Justificar indicando quais as medidas a serem adotadas para viabilizar a recuperação ambiental das áreas degradadas (v.g.: apresentação de projeto/cronograma com recolhimento e anotação de ART, eventual retificação do curso d'água, preparo da terra, plantio de essências nativas em caráter heterogêneo, respeitada biodiversidade local, trato cultural, substituição de espécies perdidas por prazo razoável inclusive após findos os serviços, etc.). Justificar

Na eventual hipótese de restar tecnicamente impossível a recuperação – parcial ou total – das áreas degradadas, deve ser apresentada uma estimativa de valoração monetária dos danos ambientais causados – direta e/ou indiretamente – aos meios físico, biológico e/ou antrópico, subsidiando o Ministério Público para exigir pagamento de indenização pelos impactos acarretados. Justificar os valores levantados.

3.6.5. Outras considerações

Informar se as atividades e intervenções foram precedidas de licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes? Quando foi emitida dita licença/autorização? Juntar cópia. Justificar, inclusive sobre a necessidade e possibilidade de prévia obtenção daquela. Esclarecer se o responsável auferiu vantagem econômica com a exploração da lenha ou de outros produtos vegetais extraídos irregularmente. Em caso positivo, qual o valor aproximado da vantagem, em pecúnia.

Informar se os fatos (intervenções) descritos acarretaram a lavratura de Autos de Infração Ambientais (AIAs)? Caso positivo, juntar cópia legível de todos os AIAs. Caso negativo, justificar a não autuação dos supostos infratores. Tecer outras considerações que entender pertinentes

3.6.6. Avaliação monetária de impactos ambientais

Relacionar todos os impactos diretos e indiretos causados ao meio físico (solo, subsolo, águas superficiais, águas subterrâneas, ar atmosférico, características geomorfológicas, hidrogeológicas e ambientais) em decorrência dos fatos descritos na petição inicial;

Relacionar todos os impactos diretos e indiretos acarretados ao meio biológico (flora e fauna) em consequência dos fatos articulados inicialmente;

Relacionar todos os impactos diretos e indiretos causados ao meio antrópico (atividades econômica, extrativista, pesqueira, de transportes, etc.) com origem nos fatos narrados inicialmente;

Relacionar todos os impactos diretos e indiretos acarretados ao meio cultural, paisagístico e turístico como derivação dos fatos estabelecidos na petição inaugural;

Dimensionar a área direta e indiretamente afetada;

Relacionar todas as espécies da flora típicas do ecossistema direta e indiretamente impactado;

Relacionar todas as espécies da fauna (residentes fixos, residentes não fixos, visitantes, etc.) associadas ao ecossistema direta e indiretamente afetadas;

Quais as funções ecológicas direta e indiretamente afetadas?

Estabelecer o número e a identificação de espécies da flora (micro, médio e macro flora) existentes por m² ou hectare no ecossistema direta e indiretamente impactado;

Estabelecer o número e a identificação de espécies da fauna (micro, médio e macro fauna) existentes ou visitantes habituais por m² ou hectare no ecossistema direta e indiretamente impactado;

Qual o número e a identificação das espécies da flora (micro, médio e macro) descaracterizadas, alteradas, negativamente afetadas ou destruídas?

Qual o número e a identificação das espécies da fauna (micro, médio e macro) negativamente afetadas ou destruídas ?

Qual o tempo necessário para o restabelecimento/reconstituição integral da vegetação típica impactada ? Esclarecer se a recuperação depende ou não, e em quais condutas e atividades, da intervenção humana.

Qual o tempo necessário para o restabelecimento/recolonização completa da correspondente fauna impactada ? Esclarecer sobre se a recuperação depende ou não, e em quais condutas e atividades, da intervenção humana;

Discriminar os danos considerados irreversíveis causados ao meio ambiente (físico, biológico, antrópico e cultural);

Discriminar todo e qualquer gasto e despesa efetivada até o momento à partir da ocorrência dos fatos inicialmente descritos, seja no sentido de contenção/prevenção, seja para correção, seja também para a recuperação do meio ambiente degradado (meios físico, biológico, antrópico e cultural), tanto por parte de pessoas físicas ou jurídicas, de direito privado ou público (inclusive transporte, combustível, tempo de serviço e horas extras, material, avaliações, perícias, fotografias, espécies, obras, serviços, manutenção, honorários profissionais, etc), totalizando-as ao final;

Avaliar monetariamente os impactos diretos e indiretos acarretados ao meio biológico, ainda que por estimativa, justificando;

Avaliar monetariamente os impactos diretos e indiretos acarretados ao meio biológico, ainda que por estimativa, justificando;

Avaliar monetariamente os impactos diretos e indiretos acarretados ao meio antrópico e cultural, ainda que por estimativa, justificando;

Fornecer estimativa final de avaliação monetária dos impactos diretos e indiretos causados ao meio ambiente;

Esclarecer sobre a metodologia e critérios fundamentais adotados na estimativa de avaliação monetária dos impactos diretos e indiretos acarretados;

3.6.7. Agrotóxicos

- **Deriva Terrestre**

1. Informar o responsável pela aplicação, produto utilizado e a cultura em que foi usado o produto, se possível anexar cópia do receituário agrônomo e nota fiscal do agrotóxico utilizado;

2. Informar a disposição da área pulverizada e das áreas atingidas pela deriva (fazer croqui);

3. Informar a vegetação atingida pela deriva, com o registro de imagens da vegetação geral e de vegetação atingida (fotografar o mais próximo possível para caracterizar de forma clara os efeitos da aplicação e antes que ocorra a morte das plantas), indicando a situação da localidade fora da região atingida (se estava ocorrendo estiagem, por exemplo);

4. Se possível relatar as condições climáticas no momento da aplicação (horário, ventos, ocorrência de situação de estiagem, etc).

- **Deriva por Aviação Agrícola**

1. Informar nome da empresa de aviação, se a mesma possui registro junto ao Ministério da Agricultura, se possível o prefixo do avião que realizou a pulverização. Anexar cópia do receituário agrônomo e nota fiscal do agrotóxico utilizado, além dos documentos de registro da atividade da empresa: planejamento operacional e relatório de aplicação do dia em que foi realizada a aplicação;

2. Informar a disposição da área pulverizada e das áreas atingidas pela deriva (fazer croqui);

3. Informar a vegetação atingida pela deriva, com o registro de imagens da vegetação geral e de vegetação atingida (fotografar o mais próximo possível para caracterizar de forma clara os efeitos da aplicação e antes que ocorra a morte das plantas), indicando a situação da localidade fora da região atingida (se estava ocorrendo estiagem, por exemplo).

- **Aviação agrícola – sede**

1. Informar nome da empresa de aviação, se a mesma possui registro junto ao Ministério da Agricultura;

2. Informar se o pátio de descontaminação está impermeabilizado;

3. Informar se há tanques de neutralização e lagoa de decantação e esse sistema está impermeabilizado;

4. Informar se o tanque de combustível possui bacia de contenção e a mesma possui dimensões compatíveis e não apresenta saída direta para o ambiente.

- **Deposição irregular de embalagens e/ou produtos**

1. Informar o responsável pelas embalagens e/ou produtos, o nome do(s) produto e, se possível, do(s) fabricante(s), informando a quantidade disposta e as características do local da disposição (proximidade de recurso hídrico, de poço, edificação de madeira, de alvenaria, presença de piso impermeável, por exemplo);

2. Se possível, tirar foto do rótulo e anexar cópia de nota fiscal e/ou receituário agrônômico (se for o caso e/ou se existirem).

- **Comércio de agrotóxicos**

Informar se o comércio possui Registro junto a Secretaria Estadual da Agricultura e o depósito possui Licença de Operação, além do cumprimento das condições e restrições da mesma.

- **Suspeita de agrotóxicos ilegais**

1. Informar nome do produto e do fabricante e o contexto da apreensão (comércio, depósito em propriedade, veículo de transporte, momento de aplicação na lavoura e em que cultura);

2. Se possível, tirar foto do rótulo e anexar cópia de nota fiscal e/ou receituário agrônomo (se for o caso e/ou se existirem).

3.7 Classificação e tipos de perícia

A perícia pode ser classificada como judicial – quando determinada de ofício pelo juiz – ou extrajudicial, quando realizada fora do processo, com a proposição e consenso para tal realizada entre as partes. O que faz a perícia judicial não é a existência do processo, pois, ela pode ser proposta e realizada antes mesmo da propositura da ação. (Teixeira Filho, 1999).

A perícia pode ser classificada conforme a sua espécie da seguinte forma:

- **Perícia percipiendi:** ocorre quando o perito se limita a apontar percepções colhidas na descrição do objeto examinado, sem proceder uma análise valorativa ou conclusiva;
- **Perícia deducendi:** ocorre quando o perito é chamado para interpretar ou apreciar cientificamente um fato;

- Perícia vinculatória: verifica-se nos casos em que o juiz fica adstrito à conclusão do perito, sem poder efetuar juízo de valor sobre aquilo que foi examinado
- Perícia liberatória: é aquela decorrente do princípio do livre convencimento, onde o juiz tem liberdade para aceitar ou não o laudo. A perícia somente poderá ser rejeitada pelo juiz nos casos provados de erro ou dolo.
- Perícia intrínseca: verifica-se nas situações em que tiver por objetivo a análise da materialidade da infração penal.
- Perícia extrínseca: ocorre quando tem por objetivos a busca de elementos externos ao crime, que não compõem a sua materialidade, mas, que servem de meio de prova.
- Perícia oficial: é aquela elaborada por um técnico ou profissional integrante dos quadros funcionais do Estado. A perícia não oficial é aquela elaborada por peritos particulares

3.8 Cromatografia

Cromatografia líquida de alta eficiência com detector ultravioleta (HPLC/UV). A moderna cromatografia líquida de alta eficiência utiliza uma pressão muito alta para forçar a passagem do solvente pelas colunas contendo partículas finas que proporcionam separações muito eficientes. Os principais componentes e fatores que regem a qualidade de uma separação cromatográfica são vistos na Figura 9 e descritos a seguir: (SKOOG *et al.*,2002).

Sistema de distribuição de solventes (1): a fase móvel (FM) é composta por uma mistura de solventes com característica polar (água:metanol:acetonitrila) quando se trata de cromatografia em fase reversa (CFR) 16 , e solventes apolares, por exemplo, (diclorometano:hexano) para cromatografia de fase normal (CFN) 17 . Esta mistura tem a função de eluir a amostra por todo o sistema, bem como de “competir” com a fase estacionária para o processo de separação dos compostos. O processo de eluição pode ser de forma isocrática, feita

com um único solvente (ou mistura constantes de solventes) ou por gradiente, ou seja, variando a proporção dos solventes ao longo da análise. Como a presença de oxigênio, bem como determinados gases presentes na fase móvel podem interferir na resolução e danificar colunas e detectores, a FM antes de ser bombeada para a coluna é passada por um sistema de desgaseificação. O sistema de bombeamento da fase móvel é realizado através de bombas que permitem um fluxo preciso e constante, previamente estabelecido. É fundamental a estabilidade do fluxo e pressão da fase móvel após sua otimização, propiciando uma melhor resolução da análise. Na escolha da fase móvel deve-se tomar o cuidado para que a mesma não absorva no comprimento de onda da substância analisada.

Válvula de injeção (2): possui alças (*loop*) de amostragens substituíveis, as quais possuem um volume fixo o que proporciona a medida exata da amostra. É disponível em diversas capacidades variando de 20 a 1000 µL. Na posição de carregamento, é usada uma seringa para lavar e carregar a alça com uma nova amostra à pressão atmosférica. Uma vazão, com alta pressão, vinda da bomba para a coluna passa pelo segmento da válvula na parte inferior, à esquerda. Quando se gira a válvula 60° no sentido horário, o que está contido na alça de amostragem é injetado dentro da coluna em alta pressão.

Coluna (3): componente do sistema cromatográfico onde ocorre a separação das substâncias de uma determinada mistura. São colunas com tamanhos que variam de 15 - 25cm, recheadas com partículas microporosas com diâmetros de 3 a 10 µm constituídas de sílica com uma fase líquida ligada covalentemente, como os grupos octadecila (C₁₈H₃₇), são as mais comuns, quando se trata de CFR. A maioria das separações de compostos orgânicos pode ser feita nas colunas com fase reversa.

Detector ultravioleta (4): corresponde ao sistema de detecção cujo princípio de funcionamento se baseia na absorbância da luz por parte da amostra ao passar através dela qualquer radiação eletromagnética, em dado comprimento de onda (COLLINS, 1997). A definição do comprimento de onda apropriado para determinada substância onde esta apresente maior absorbância, conseqüentemente

maior sensibilidade. A desvantagem do uso deste detector é que muitas substâncias absorvem na radiação do UV, diminuindo com isto a seletividade

Registro dos dados (5): microcomputador onde converte o sinal eletrônico em sinal analítico.

3.8.1. Métodos de extração

O processo para preparo (extração/concentração) de amostras para análises cromatográficas teve início com a técnica de extração líquido/líquido (ELL), em que a amostra é submetida a porções de solventes apropriados sob agitação. O composto então transferido a fase orgânica é concentrado em rota vapor. A aceitação rápida a partir de 1986, da técnica extração por fase sólida (*solid Phase Extration* - SPE) para o tratamento de amostras, justifica-se pelo fato de que esta técnica permite não só a extração eficiente dos analitos, mas possibilita sua pré-concentração e pré-purificação. Outra vantagem frente a ELL inclui menor uso de solventes, não formar emulsão, fácil automação e geralmente maior rapidez (NETO e NUNES, 2003). Esta técnica consiste na passagem da amostra por uma micro-coluna (cartucho) constituída por um sorvente apropriado a retenção de determinado analito. A eluição (dessorção) deste é realizada por pequenos volumes de solventes apropriados.

A descrição das etapas envolvidas e fatores que controlam a eficiência de extração de acordo com Neto & Nunes (2003) são: a ativação do sorvente através da passagem de um solvente apropriado para condicionar a superfície do sólido; remoção do solvente de ativação por um líquido de composição similar à amostra; aplicação da amostra, onde os analitos deveriam ser retidos pelo sorvente; remoção dos interferentes e parte da matriz com um solvente que não remova os analitos (etapa de lavagem); eluição dos analitos do sorvente com um solvente apropriado (etapa de dessorção), coletando o eluato para eventual concentração e posterior análise.

A escolha do cartucho é em função do tipo e quantidade de fase adsorvente (sólida)

e seu volume. As fases sólidas mais empregadas para análise de carbamatos são: C8; C18 e C18/OH de apolar a média polaridade sucessivamente. O C18 (estrutura do grupamento octadesilsilano $\text{Si}-(\text{CH}_2)_{17}-\text{CH}_3$) apresenta baixa polaridade, sendo largamente empregado para análise de carbofurano. O solvente mais apropriado para a dessorção deste analíto apresenta característica polar sendo o metanol e acetonitrila, ou mistura destes, os mais utilizados para aplicação em análises de carbamatos (BAILEY, 1996; MEZZARI, 2000; KOK e HIEMSTRA, 1992; PARREIRA, 2001; DESCHAMPS e NOLDIN, 2001; SANTIAGO, 2001).

4. METODOLOGIA

A metodologia utilizada constou dos trabalhos de revisão bibliográfica, delimitação da área da pesquisa. Para a delimitação da área onde seria selecionada uma atividade objeto de investigação do uso de agrotóxico, foi escolhido o município Orleans, cidade situada no Sul do Estado de Santa Catarina. Esse município ocupa uma área de 560,00 Km² (IBGE 2008). Segundo o IBGE a população residente no município é de 20.859 habitantes, sendo 14.478 no meio urbano e 6.381 no meio rural. Grande parte dessa população encontra-se no cultivo de hortaliças, sendo que essa não é a principal atividade econômica do município, que possui diversas outras atividades industriais e comerciais. De acordo com a EPAGRI do município, anualmente, foi cultivado uma média de 96 toneladas de tomate, 1.060 toneladas de feijão e 2.700 toneladas de milho, além de outras culturas em pequenas propriedades do município.

O manejo do solo e das culturas envolve o uso de quantidades razoáveis de fertilizantes orgânicos e o químico só foi utilizado para fazer o teste, o uso da irrigação localizada, por uma mangueira flexível, que possibilita a colocação da água diretamente nos sulcos curtos, fechados e nivelados. Todo esse manejo é conduzido por um único funcionário.

Com relação ao clima, segundo a sistemática de Köppen (1973), o clima predominante é subtropical com estações definidas apresentando temperaturas média de 18,7° C, mínima de 3,0° C e máxima de 41,5° C, podendo ocorrer geadas nos meses de Junho a Julho. A precipitação média anual é de 1400mm., distribuídas regularmente nos doze meses do ano. Nos meses de verão ocasionalmente ocorrem chuvas de granizo.

O relevo do município é bastante diversificado, possuindo áreas onduladas, suaves onduladas, montanhosas e escarpadas. A área geográfica do município pertence à Mata atlântica, a qual era rica em sua biodiversidade. Em decorrência do extrativismo desordenado houve uma redução significativa na fauna e flora restando apenas em média 7% da flora primária.

No que se refere os solos segundo a Epagri (2010), o solo é do tipo Argissolos/Alissolos Podzólico Vermelho-Amarelo fase rasa de textura moderada.

Os argissolos compreende solos constituídos por material mineral, que tem

como características diferenciais argila de atividade baixa e horizonte B textural (Bt), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o histico.

Os alissolos são solos minerais e tem como características diferenciais argila de atividade $>20 \text{ cmol}_e/\text{kg}$ de argila, baixa saturação por bases, alto conteúdo de alumínio extraível ($\text{AL}^{3+} > 4 \text{ cmol}_e/\text{kg}$ de solo), conjugado com saturação por alumínio $> 50\%$ e/ou saturação por bases $< 50\%$. Podem apresentar horizonte A moderado, proeminente ou húmico e/ou horizonte E sobre um horizonte B textural ou B nítico.

A secretária de agricultura municipal de Orleans abastece o hospital da cidade com uma pequena horta orgânica, com diversificadas variedades de hortaliças, localizada atrás do hospital, onde foi feita um pequeno teste em um dos vários canteiros existentes no local, com agrotóxico Decis 25 CE (Deltametrina)², pela presença de pulgões.

Para a coleta das informações sobre o uso e manejo do agrotóxico Decis 25 CE (Deltametrina)², foi analisado a horta-orgânica da hospital, onde a autora presta assistência técnica diariamente.

Dentre o agrotóxico utilizado em um único canteiro e o restante da horta-orgânica, foi visualizado que o canteiro que foi utilizado o agrotóxico, as hortaliças eram maiores e mais bonitas e os canteiros que não foi usado agrotóxico, os canteiros não eram aparentemente tão saudáveis, tendo muita presença de pulgões.

Deve ser ressaltado que apenas a aparência física e os aspectos visuais não traduzem as reais condições de sanidade de uma espécie vegetal. Também é importante ressaltar que um real equilíbrio ecológico é resultado da existência de uma biodiversidade, onde as espécies nativas e a fauna a ela associada são responsáveis pela qualidade das condições ambientais. Portanto, somente por meio de análises químicas e microbiológicas podem ser efetivamente avaliadas as reais condições de contaminação ambiental e das espécies vegetais investigadas.

Esses instrumentos propostos na revisão teórica deverão servir suporte para a investigação pericial, onde os diversos tipos de análises e equipamentos mencionados serão de grande utilidade na identificação das substâncias presentes nos compartimentos ambientais investigados. Dessa forma, esses procedimentos deverão também servir de base para a continuidade dos estudos iniciados com vistas a aprofundamento teórico e prático em uma pesquisa de mestrado.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A PESQUISA

Apesar de apresentar visualmente uma boa aparência, os produtos da horta onde foram aplicados defensivos agrícolas precisariam ser analisados do ponto de vista da existência de compostos tóxicos. Os aspectos visuais não constituem parâmetros confiáveis tanto do ponto de vista técnico, quanto científico. Apesar dessa constatação simplória e que é evidenciada em todos os seus aspectos, ainda verifica-se que as pessoas equivocadamente ao escolher os produtos agrícolas em um supermercado ou feira, muitas vezes fazem a opção pelo aspecto puramente visual ou de preço. Os produtos agrícolas de origem orgânica, como não apresentam características artificiais e de crescimento anormal, muitas vezes é preterido em função dos produtos obtidos com a aplicação de agroquímicos.

Nos ensaios realizados foram aplicados 3 (três) vezes o inseticida, Decis 25 CE (Deltametrina)², e os pulgões se acabaram, em um único canteiro e nos demais canteiros os pulgões continuaram. Independente das quantidades a serem aplicadas, inclusive mesmo em pequena escala para um teste, conforme era o objetivo, deve-se tomar todas as providências em termos de uso de equipamentos de proteção individuais e coletivos. Finalmente, foi observado que o uso de agrotóxico realmente, melhorou o aspecto de apresentação do produto, no entanto os possíveis níveis de contaminação precisam necessariamente ser verificados.

Nesse caso, todas as etapas de avaliação de impacto ambiental precisam ser realizadas, tais como a análise de solo e da água, com a verificação do tipo de agrotóxico utilizado, bem como os níveis de contaminação por acaso existentes. Dependendo do tipo de substância e princípio ativo constituinte do agrotóxico, entre os métodos utilizados estão a cromatografia líquida e gasosa. Considerando a existência de danos ambientais ou a ocorrência de contaminação em seres humanos ou animais, deve-se realizar uma investigação pericial, de maneira a identificar os responsáveis e as causas e consequências do uso indiscriminado do agrotóxico.

6. CONCLUSÕES SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

A disponibilidade e a duração do efeito do agrotóxico, quando aplicado ao solo, podem ser influenciadas por vários processos bióticos e abióticos, a maioria dos quais interage tão extensivamente que é difícil discernir a contribuição de uma simples variável. No entanto, sabe-se que a capacidade degradativa do solo é um fator significativo na determinação da estabilidade dos resíduos desses compostos no solo.

Conclui que o agrotóxico investigado (Decis 25 CE (Deltametrina)²), apesar resultar em boa apresentação dos produtos agrícolas, a sua composição química e condições de aplicação apontam para a necessidade de cuidados rigorosos, bem como o estudo de alternativas de uso de compostos e métodos utilizados na agricultura orgânica ou na agroecologia, certamente, processos e técnicas mais seguras do ponto de vista da saúde humana e da melhoria da qualidade ambiental. Dessa forma, é de fundamental importância a discussão de medidas que possibilitem o controle da disponibilidade e acesso ao uso de substâncias com elevada periculosidade, tais como os agrotóxicos. Deve-se, no entanto, ir mais além, buscando-se não somente realizar o gerenciamento de risco no uso dos produtos agrotóxicos, mas, a adoção de sistemas de produção agrícolas que não necessitem o uso desses produtos, de maneira que os mesmos sejam progressivamente substituídos, por métodos seguros e compostos de origem natural em equilíbrio com o meio ambiente.

Como sugestão de trabalhos futuros e a continuidade da pesquisa iniciada com vistas a produção da presente monografia de especialização, deverão ser utilizados o suporte de um laboratório de análise de solos, fertilizantes e corretivos agrícolas, juntamente com o aprofundamento teórico iniciado. A delimitação de uma área atualmente utilizada para o plantio de uma espécie vegetal da região, seguida da preparação de canteiros experimentais para o estudo comparativo entre métodos sem e com o uso de defensivos agrícolas, comporiam os estudos para uma avaliação mais rigorosa dos impactos ambientais causados por essas atividades.

REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J.P. Uso de Agrotóxicos no Brasil: controle social e interesses corporativos. São Paulo: Annablume;FAPESC, 2002.

EPAGRI. Disponível em: < <http://www.epagri.sc.gov.br/>> acesso em: 12 agosto. 2011.

FONTES, R.L.F.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; SANTOS, R.H.S.; DIAS, L.E. **Impactos ambientais do uso agrícola do solo**. Brasília: ABEAS, 1994. 62p. (ABEAS. Curso de Fertilidade e Manejo do Solo. Módulo, 13).

Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Sistema Nacional de Informações Tóxico-Farmacológicas (SINITOX). Registro de intoxicações. Dados Nacionais. Brasil 2006. Disponível em < <http://www.fiocruz.br/sinitox>>. Acesso em 20 março de 2011.

GOELLNER, C.I. **Utilização de defensivos agrícolas no Brasil**: análise do seu impacto sobre o ambiente e a saúde humana. 2. ed. Passo Fundo: Artgraph, 1993. 103 p.

International Labour Organization (ILO); Word Health Organization (WHO). Joint Press Release ILO/WHO. Number of work related accidents and illnesses continue to increase. Disponível em < <http://www.ilo.otg/global> >. Acesso em 20 maio de 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Censo Agropecuário 2006. Disponível em < <http://www.ibge.gov.br/home/estatística/economia/agropecuária>>. Acesso em 19 de março de 2010.

Manual de Perícia Ambiental. Disponível em: <www.manualdepericias.com.br/> acesso em 06 setembro de 2011.

MATTEI, Juliana Flávia. **A perícia ambiental e a tutela jurídica do meio ambiente** . Jus Navigandi, Teresina, ano 10, n. 1075, 11 jun. 2006. Disponível em:

<<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=8494>>. Acesso em: 19 fev. 2011.

MP. **Perícia Ambiental**. Disponível em:
<http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/quesitos_para_pericia_ambiental.pdf
> acesso em: 17 fev. 2011.

RUEGG, E.F.; PUGA, F.R.; SOUZA, M.C.; ÚNGARO, M.T.S.; FERREIRA, M.S.; YOKOMIZO, Y.; ALMEIDA, W.F. **Impacto dos agrotóxicos sobre o ambiente, a saúde e a sociedade**. São Paulo: Ícone, 1991. 95p.

SILVA, Célia Maria Maganhotto de Souza. **Agrotóxicos e ambiente**: 2. ed. Brasília, 2007.